

Lávka Moravská Třebová

Statický výpočet

1_Úvod

Statický model byl vytvořen v programu RFEM 5.01. Jedná se o prutovou konstrukci s hlavními nosníky, příčníky, podélníky a příčným zavětrováním pomocí táhel. Vnitřní síly a deformace byly spočítány pomocí II.řádu s geometrickými lokálními imperfekcemi. Bylo provedeno posouzení na mezní stav únosnosti (ULS) a mezní stav použitelnosti (SLS). Dále se ověřilo zda se vlastní frekvence lávky ve svislém a příčném směru nenacházejí v rozmezí náchylném pro vznik rezonance

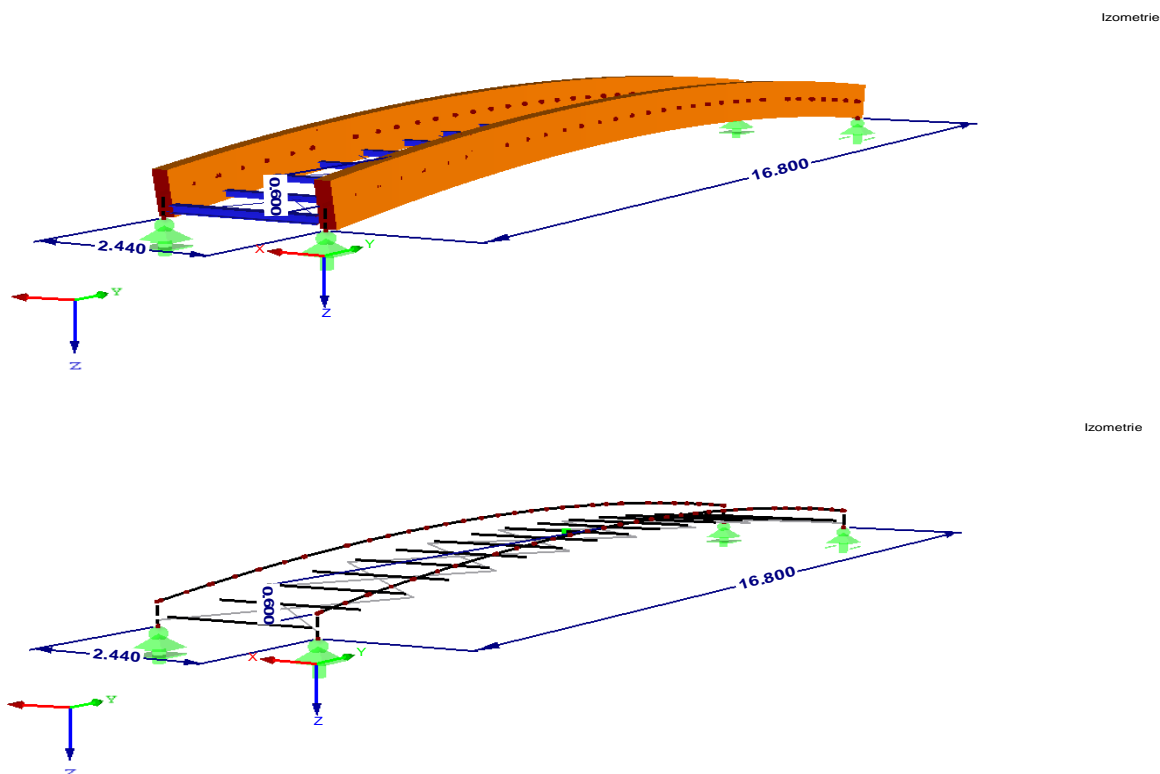
2_Konstrukce

2_1 Popis konstrukce

Lávka o rozpětí 16,8 m má statické působení prostého nosníku s kloubovým uložením na obou koncích. Konstrukce je tvořena dvěma hlavními nosníky, které jsou konstantního průřezu z lepeného lamelového dřeva. Nosnou konstrukcí mostovky jsou příčníky z oceli. Krajní příčník nad opěrou je tvořen z profilu HEB a příčníky v poli jsou z 1/*2IPE. Jako příčné i podélné zavětrování jsou mezi příčníky umístěna táhla z oceli. Pochozí část mostovky tvoří ocelový pororošt výšky 30mm s roztečí ok 44/11.

2_2 Statický model

Statický model je vytvořen jako prutový v programu Dlubal RFEM 5.01.



3_Zatížení

3_1 Stálé

3_1_1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha konstrukce je dána objemovou hmotností použitých materiálů a objemem jednotlivých prvků

Je generována výpočetním programem

$g_{0,k}$... Vlastní tíha nosné konstrukce

3_1_2 Ostatní stálé zatížení

$g_{1,k} = 0,33 \text{ kN/m}^2$... Tíha mostovky: Pororošt 44x11 - nosný pás 30/3,
rozpěrný pás 10/2

$g_{2,k} = 0,034 \text{ kN/m}$... Tíha madla

$g_{3,k} = 0,570 \text{ kN/m}$... Tíha nenosné části hlavního nosníku (lamely GL24h - viz. výkresy)

3_2 Nahodilé

3_2_1 Zatížení dopravou

sestava zatížení gr_1

Rovnoměrné svislé zatížení:

$q_{fk} = 2,0 + 120/(L + 30) \text{ [kNm}^{-2}\text{]}$

$L = 16,8 \text{ m}$... rozpětí lávky

$q_{fk} = 4,56 \text{ kN/m}^2$

Rovnoměrné vodorovné zatížení:

$q_{f1k} = 0,46 \text{ kN/m}^2$

Soustředěné svislé zatížení (pro lokální účinky):

$Q_{fwk} = 2,00 \text{ kN}$ na čtverci o straně 100x100 mm

... je zabráněno vjezdu obslužných vozidel

3_2_2 Zatížení sněhem během provádění

$s_k = 1,09 \text{ kN/m}^2$

Oblast: Moravská Třebová

www.snehovamapa.cz

3_2_3 Zatížení větrem

II. Větrná oblast

Základní hodnota ref. rychlosti větru :

$v_{ref,0} = 25,0 \text{ m/s}$

Součinitel nadmořské výšky:

$C_{alt} = 1$

Součinitel ročního období :

$$C_{\text{season}} = 1$$

Součinitel směru :

$$C_{\text{dir}} = 1$$

Základní rychlost větru ve výšce 10m nad zemí bez překážek :

$$v_{b,0} = v_{\text{ref},0} * C_{\text{alt}} = 25,0 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru ve výšce 10m nad zemí pro kat. terénu II :

$$v_b = C_{\text{dir}} * C_{\text{season}} * v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

Kategorie terénu III

- předměstské nebo průmyslové oblasti a souvislé lesy

$$k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = k_r = 0,22$$

Referenční parametr drsnosti terénu:

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

Výška konstrukce nad terénem:

$$z = 3,40 \text{ m}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0,30 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{\text{min}} = 5,00 \text{ m}$$

Součinitel topografie:

$$c_t = 1$$

Měrná hmotnost vzduchu:

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Součinitel drsnosti terénu:

$$c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = c_r(z) = 0,53$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = v_m(z) = 13,4 \text{ m/s}$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b(z) = 0,5 * \rho * v_m^2(z) = q_b(z) = 111,4 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$c_e(z) = 1 + 7 * I_v(z) = 1 + 7 * (kl / (c_0(z) * \ln(z/z_0))) = 3,88$$

Stanovení síly větru ve směru X:

$$A_{\text{ref},X} = 24,52 \text{ m}^2$$

$$b = 2,68 \text{ m}$$

$$d_{\text{tot}} = 1,67 \text{ m}$$

$$b/d_{\text{tot}} = 1,60$$

$$c_{f,x,0} = 1,3$$

$$C = c_{f,x,0} * c_e(z) = 5,05$$

$$F_{w,X} = 1/2 * \rho * v_b^2 * C * A_{\text{ref},X} = 48,35 \text{ kN} \quad 2,878186291$$

Stanovení síly větru ve směru ±Z :

$$A_{\text{ref},Z} = 13,26 \text{ m}^2 \quad \dots \text{Referenční plocha zahrnuje půdorysnou plochu nosníků + plochu}$$

$$b = 2,60 \text{ m} \quad \text{prodyšné mostovky o referenční šířce 0,3m}$$

$$d_{\text{tot}} = 1,67 \text{ m}$$

$$b/d_{\text{tot}} = 1,56$$

$$c_{f,z} = 0,9$$

$$C = c_{f,z} * c_e(z) = 3,49$$

$$F_{w,z} = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} = \mathbf{18,10 \text{ kN}} \quad 1,077559141$$

na excentricitě $e = b/4 = 0,65 \text{ m}$

Stanovení síly větru ve směru Y :

Nemají významný vliv pro posudek konstrukce

4_Kombinace zatížení

4_1 Výpis zatěžovacích stavů

ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé
ZS3	Zatížení dopravou - rovnoměrné
ZS4	Sníh během provádění
ZS5	Vítr v +X
ZS6	Vítr v +Z (směr +Z je v modelu směrem dolů)
ZS7	Vítr v -Z
ZS8	Imperfekce na vzpěr a klopení ocelového příčnicku

4_2 Pravidla pro sestavování kombinací pro mezní stavy únosnosti (ULS)

Typ STR/GEO

Varianta B

Rovnice 6.10a:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot \xi \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kombinační součinitele:

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou	gr1	0,4	0,4	0
	$Q_{fw,k}$	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	$f_{w,k}$	0,3	0,2	0
Zatížení teplotou	T_k	0,6	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{sn,k}$	0,8	-	0
Staveništní zatížení	Q_c	1	-	1

Součinitele spolehlivosti:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35 \quad \text{stále zatížení nepříznivé}$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00 \quad \text{stále zatížení příznivé}$$

$$\xi = 0,85$$

$$\gamma_Q = 1,35 \quad \text{proměnné zatížení dopravou}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \quad \text{proměnné zatížení ostatní}$$

4_3 Kombinace pro mezní stav únosnosti (ULS)

KZS 1	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + ZS8$
KZS 2	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot 0,5 \cdot ZS3 + ZS8$
KZS 3	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS6 + ZS8$
KZS 4	$1,35 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS6 + ZS8$
KZS 5	$1,00 \cdot ZS1 + 1,00 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS7 + ZS8$
KZS 6	$1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + ZS8$
KZS 7	$1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,35 \cdot ZS3 + ZS8$
KZS 8	$1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS4 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS6 + ZS8$
KZS 9	$1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,35 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS6 + ZS8$
KZS 10	$1,00 \cdot 0,85 \cdot ZS1 + 1,00 \cdot 0,85 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS5 + 1,5 \cdot 0,3 \cdot ZS7 + ZS8$

4_4 Pravidla pro sestavování kombinací pro mezní stavy použitelnosti (SLS)

Kombinace charakteristická:

$$\sum G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

4_5 Kombinace pro mezní stav použitelnosti (SLS)

KZS 11	$ZS1 + ZS2$
KZS 12	$ZS1 + ZS2 + ZS3$
KZS 13	$ZS1 + ZS2 + ZS4 + 0,3 \cdot ZS6$
KZS 14	$ZS1 + ZS2 + ZS5 + 0,3 \cdot ZS7$
KZS 15	$ZS1 + ZS2 + ZS7$

Kombinační součinitele:

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou	gr1	0,4	0,4	0
	$Q_{fw,k}$	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	$f_{w,k}$	0,3	0,2	0
Zatížení teplotou	T_k	0,6	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{sn,k}$	0,8	-	0
Staveništní zatížení	Q_c	1	-	1

5_Posouzení na mezní stav únosnosti (ULS)

Posouzení dřevěných prvků je provedeno dle ČSN EN 1995-1-1 "Eurokód 5 - Navrhování dřevěných konstrukcí".
A posouzení ocelových prvků je dle ČSN EN 1993-1-1 "Eurokód 3 - Navrhování ocelových konstrukcí"

5_1 Příčníky

1/2*IPE240

b= 120 mm

h= 120 mm

A= 19600 mm²

A_y= 982 mm²

Jedná se o vetknutý nosník na obou koncích. Nosič je připojen k hlavnímu dřevěnému nosníku pomocí čelních desek a svorníků. Křivka vzpěrné pevnosti je c. Statická délka nosníku je 2200 mm.

Vnitřní příčník_průřez:

$A_z = 572 \text{ mm}^2$
 $W_{y,\min} = -86310,00 \text{ mm}^3$
 $W_{y,\max} = 24230,00 \text{ mm}^3$
 $W_z = 23670,00 \text{ mm}^3$
 $W_{y,pl} = 43430,00 \text{ mm}^3$
 $W_{z,pl} = 37000,00 \text{ mm}^3$
 $I_y = 2270000,00 \text{ mm}^4$
 $I_z = 1420000,00 \text{ mm}^4$
 $e_z = 26,3 \text{ mm}$
 $G = 15,4 \text{ kg/m}$

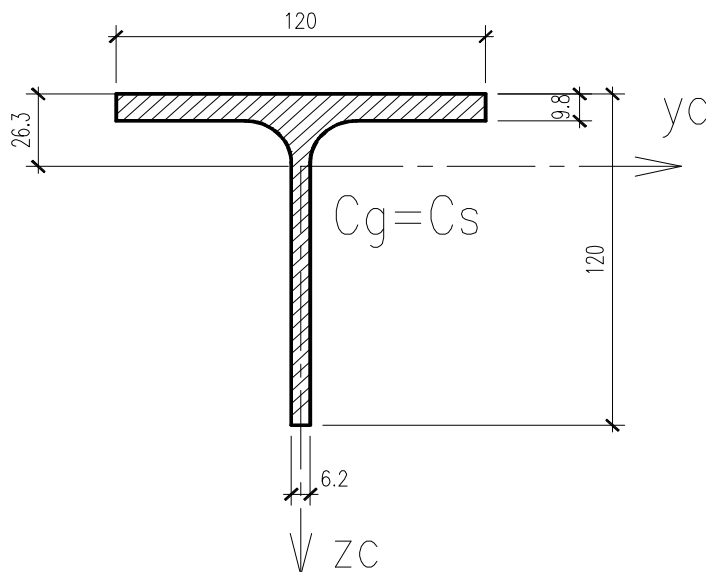
Ocel S355J2N

Dílčí součinitel materiálu:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$
 $f_{y,k} = 355,0 \text{ MPa}$
 $f_u = 510,0 \text{ MPa}$
 $E = 210000 \text{ MPa}$
 $\rho = 7850 \text{ kN/m}^3$
 $G = 80700,0 \text{ MPa}$
 $\alpha = 1,2E-05 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 $v = 0,3$

$\varepsilon = \sqrt{235/f_{y,k}}$
 $\varepsilon = \sqrt{235/355} = 0,814$

KVP: c



Vnitřní síly - nejvíce namáhaný prut:

$M_{y,Ed} = 4,69 \text{ kNm}$
 $M_{z,Ed} = 0,60 \text{ kNm}$
 $N_{Ed} = 23,56 \text{ kN}$
 $V_{y,Ed} = 1,35 \text{ kN}$
 $V_{z,Ed} = 7,83 \text{ kN}$

Zatřídění průřezu:

pásnice
 $c/t = 4,28 >>> 1. \text{ Třída}$
 $c/t \leq 9 \varepsilon = 7,32$
 $c/t \leq 10 \varepsilon = 8,14$
 $c/t \leq 14 \varepsilon = 11,39$
stojina
 $c/t = 15,35 >>> 1. \text{ Třída}$
 $c/t \leq 36 \varepsilon / \alpha = 101,70$
 $c/t \leq 41 \varepsilon / \alpha = 115,83$

Posouzení na namáhání tlaku a ohybu:

(posouzení je provedeno pevnostně bez součinitelů pro vzpěr a klopení - imperfekce jsou zadány v modelu)

$N_{Ed}/N_{Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,Rd} \leq 1$
 $0,38 < 1,00$ VYHOVÍ

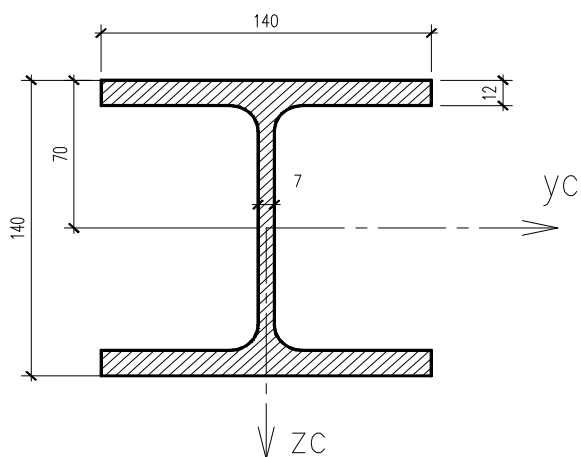
Posouzení na smyk:

$V_{pl,Rd} = A_y (f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0} = 201 \text{ kN}$
 $V_{Ed}/V_{pl,Rd} \leq 1,0$
 $0,04 < 1,00$ VYHOVÍ

HEB140

Krajní příčník_průřez:

b=	140 mm
h=	140 mm
A=	4300 mm ²
A _y =	2805 mm ²
A _z =	827 mm ²
W _y =	216000,00 mm ³
W _z =	78500,00 mm ³
W _{y,pl} =	216000,00 mm ³
W _{z,pl} =	78500,00 mm ³
I _y =	15100000,00 mm ⁴
I _z =	5500000,00 mm ⁴
e _z =	70,0 mm
G=	34 kg/m



Vnitřní síly - nejvíce namáhaný prut:

M _{y,Ed} =	12,91 kNm
M _{z,Ed} =	6,35 kNm
N _{Ed} =	6,66 kN
V _{y,Ed} =	5,67 kN
V _{z,Ed} =	8,21 kN

Zatřídění průřezu:

pásnice

c/t=	4,54	>>>	1. Třída
1. Třída	c/t ≤ 9 ε =	7,32	
2. Třída	c/t ≤ 10 ε =	8,14	
3. Třída	c/t ≤ 14 ε =	11,39	

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_{y,k}}$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/355} = 0,814$$

stojina

c/t=	13,14	>>>	1. Třída
1. Třída	c/t ≤ 36 ε/α =	101,70	
2. Třída	c/t ≤ 41 ε/α =	115,83	

Posouzení na namáhání tlaku a ohybu:

(posouzení je provedeno pevnostně bez součinitelů pro vzpěr a klopení - imperfekce jsou zadány v modelu)

$$N_{Ed}/N_{Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,Rd} + M_{z,Ed}/M_{z,Rd} \leq 1$$

0,40 < 1,00 VYHOVÍ

Posouzení na smyk:

$$V_{pl,Rd} = A_y (f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0} = 575 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/V_{pl,Rd} \leq 1,0$$

0,01 < 1,00 VYHOVÍ

Ocel 8.8
 $f_{u,k} = 800,0 \text{ MPa}$
 $f_{y,k} = 640,0 \text{ MPa}$
 $t_1 = 200 \text{ mm}$
 $d = 16 \text{ mm}$
 $d_0 = 17 \text{ mm}$
 $\gamma_{M2} = 1,25$
 $A_s = 157 \text{ mm}^2$
 $\alpha_v = 0,6$

$r_1 = 27 \text{ mm}$
 $r_2 = 65 \text{ mm}$
 $r_3 = 157 \text{ mm}$
 $k_2 = 0,90$

Návrh svorníkového přípoje :

Spoj funguje staticky jako vetknutí (přenáší ohybové momenty v rámovém koutu)

$$M_{y,Ed} = 12,91 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Ed} = 8,21 \text{ kN}$$

Tlustá ocelová deska jednostřížně namáhaná:

Únosnost v otlacení dřeva:

$$F_{v,Rk} = \min \left(\begin{aligned} & f_{h,k} t_1 d [v(2+4 M_{y,Rk} / f_{h,k} d t_1^2) - 1] + F_{ax,Rk} / 4 = 25,97 \text{ kN} \\ & 2,3 \sqrt{(M_{y,Rk} f_{h,k} d) + F_{ax,Rk} / 4} = 23,19 \text{ kN} \\ & f_{h,k} t_1 d = 62,70 \text{ kN} \end{aligned} \right)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,32 \text{ kNm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k = 31,16 \text{ MPa}$$

$$f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 19,6 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,59 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} F_{v,Rk} / \gamma_M = 12,99 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / 6 \leq F_{v,Rd}$$

$$1,37 \text{ kN} < 12,99 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v A_s f_{ub} / \gamma_{M2} = 60,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / 6 \leq F_{v,Rd}$$

$$1,37 \text{ kN} < 60,29 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Únosnost svorníků v tahu:

$$M_{y,Ed} = \sum F_i r_i$$

$$M_{y,Ed} = 2 * (F_{1,Ed} r_1 + F_{2,Ed} r_2 + F_{3,Ed} r_3)$$

$$M_{y,Ed} = 2 * (188,55 F_{3,Ed})$$

$$F_{3,Ed} = F_{t,Ed} = 34,23 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = k_2 A_s f_{ub} / \gamma_{M2} = 90,43 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$$

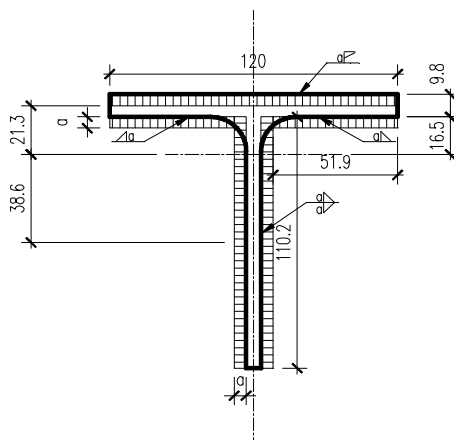
$$34,23 \text{ kN} < 90,43 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Návrh svarového přípoje čelní desky k příčníku :

$f_u = 490,0$ MPa
 $\beta_w = 0,9$
 $a = 4$ mm ... vel. svaru

$M_{y,Ed} = 5,32$ kNm
 $F_{v,Ed} = 7,83$ kN

Schéma přípoje:



$I_{w,y} = 2,6E+06$ mm⁴
 $z = 93,7$ mm
 $W_{w,y} = 2,7E+04$ mm³
 $\sigma_M = 195,1$ MPa
 $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 138,0$ MPa
 $\tau_{\parallel} = 10,3$ MPa

$\sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / \beta_w \gamma_{M2}$
276,5 MPa < 435,6 MPa VYHOVÍ

5_2 Hlavní nosník

$b = 240$ mm
 $h = 810$ mm
 $A = 194400$ mm²
 $e_z = 405$ mm
 $W_y = 2,62E+07$ mm³
 $W_z = 7,78E+06$ mm³
 $I_{tor} = 4,25E+10$ mm⁴
 $I_y = 10628820000$ mm⁴
 $I_z = 9,33E+08$ mm⁴
 $i_z = 69,3$ mm
 $G = 81,6$ kg/m

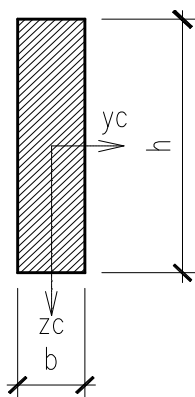
Lepené lamelové dřevo: Smrk

GL32h

Dílčí součinitel materiálu:

Jedná se o prostě uložený obloukový nosník s konstantním průřezem. Rozpětí obloukového nosníku je 16800 mm a vzepětí 600 mm.

Průřez:



$\gamma_M =$	1,25
Modifikační součinitel zatížení: třída provozu 3	
$k_{mod} =$	0,7
Součinitel k redistribuci napětí: obdélníkový průřez	
$k_m =$	0,7
$X_d = k_{mod} X_k / \gamma_M$	
$f_{m,k} =$	32,0 MPa
$f_{t,0,k} =$	22,5 MPa
$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
$f_{c,0,k} =$	29,0 MPa
$f_{c,90,k} =$	3,3 MPa
$f_{v,k} =$	3,5 MPa
$E_{0,mean} =$	13700,0 MPa
$E_{90,mean} =$	460,0 MPa
$G_{mean} =$	780,0 MPa
$E_{0,05} =$	11100,0 MPa
$G_{0,05} =$	525,3 MPa
$\alpha_{ap} =$	0,0 °
$r_{in} =$	58948 mm
$k_r =$	1
$V_0 =$	0,1 mm ³
$V =$	0,49 mm ³
$V_b =$	5,32 mm ³
$2/3 V_b =$	3,55 mm ³
$\alpha_{ap} =$	0,0 °

Vnitřní síly :

L/2 - kombinace KZS7:

$$M_{y,Ed} = 325,59 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 7,83 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -61,29 \text{ kN}$$

L=0 - kombinace KZS7:

$$N_{Ed} = -24,68 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,79 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 6,88 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 73,02 \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed} = 7,05 \text{ kNm}$$

Posouzení v L/2 - KZS 7:

Napětí v ohybu ve vrcholu v L/2:

$$\sigma_{m,d} = k_l 6 M_{ap,d} / (b h_{ap}^2) = 12,5 \text{ MPa}$$

$$k_l = k_1 + k_2(h_{ap}/r) + k_3(h_{ap}/r)^2 + k_4(h_{ap}/r)^3 = 1,00$$

$$h_{ap} = 800 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,6$$

$$k_4 = 6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0$$

$$r = r_{in} + 0,5 h_{ap} = 5,93E+04 \text{ mm}$$

Napětí v tahu kolmo k vláknům:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$k_{vol} = (V_0/V)^{0,2} = 0,85$$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p 6 M_{ap,d} / b h_{ap}^2 = 0,04 \text{ MPa}$$

$$k_p = k_5 + k_6(h_{ap}/r) + k_7(h_{ap}/r)^2 = 0,00$$

$$k_5 = 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0$$

$$r_{in} = 58948 \text{ mm}$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$$

$$0,04 \text{ MPa} < 0,33 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Stanovení únosnosti s uvažováním příčné a torzní stability:

Stanovení k_{crit} :

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} = 17,90 \text{ MPa}$$

$$12,47 \text{ MPa} < 17,90 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

$$\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}) / I_{ef} W_y} = 125,5 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{(f_{m,k} / \sigma_{m,crit})} = 0,51$$

$$1$$

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$$

$$\text{pro } 0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,4$$

$$1 / \lambda_{rel,m}^2$$

$$\text{pro } 1,4 < \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,00$$

Stanovení $k_{c,z}$:

$$\lambda_z = l_{cr,z} / i_z = 151,55$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \sqrt{(f_{c,0,k} / E_{0,05})}$$

$$\lambda_{rel,z} = 2,47$$

$$k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 3,65$$

$$k_{c,z} = 0,16$$

$$\beta_c = 0,1$$

Stanovení napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = -0,32 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení napětí v ohybu kolem osy "y" v kombinaci s tlakem:

$$(\sigma_{m,d} / k_{crit} f_{m,d})^2 + \sigma_{c,0,d} / k_{c,z} f_{c,0,d} \leq 1$$

$$0,61 < 1,00$$

Stanovení únosnosti v $L=0$:

Stanovení únosnosti ve smyku:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$b_{ef} = 161 \text{ mm}$
 $f_{v,d} = 1,96 \text{ MPa}$ GL32h

$V_{z,Ed} = 73,0 \text{ kN}$
 $\tau_d = 1,61 \text{ MPa}$
1,61 MPa < **1,96 MPa** VYHOVÍ

Stanovení únosnosti v kroucení:

$k_{shape} = 1,04$
 $k_{tor} = 0,273$
 $h/b = 3,375$

$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} f_{v,d}$
 $\tau_{tor,d} = M_{tor,d} / k_{tor} h b^2 = 0,55 \text{ MPa}$
0,55 MPa < **2,05 MPa** VYHOVÍ

Kombinace napětí ve smyku od pos. síly a kroucení:

$\tau_{tor,d} / f_{tor,d} + (\tau_d / f_{v,d})^2 \leq 1$
0,95 < **1** VYHOVÍ

5_3 Táhlo

Ø15 - S460

$d = 15 \text{ mm}$
 $A = 177 \text{ mm}^2$
 $G = 1,4 \text{ kg/m}$
 $l = 2800 \text{ mm}$

Ocel

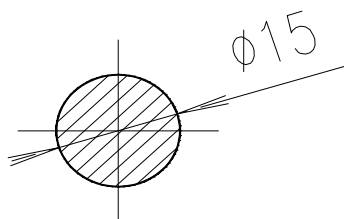
Dílčí součinitel materiálu:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$
 $f_y = 460,0 \text{ MPa}$

$E = 210000 \text{ MPa}$
 $\rho = 7850 \text{ kN/m}^3$
 $G = 80700,0 \text{ MPa}$
 $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 $\nu = 0,3$

Táhlo funguje jako příčné a podlélné ztužení celé lávky. Je navrženo táhlo Ø15mm.

Průřez:



Vnitřní síly - nejvíce namáhané táhlo:

$N_{Ed} = 27,64 \text{ kN}$

Posouzení na namáhání tahem:

$N_{Ed} / N_{el,Rd} \leq 1$

$$N_{el,Rd} = 69,00 \text{ kN}$$
$$0,40 < 1 \quad \text{VYHOVÍ}$$

5_4 Ložisko

Ložisko je navrženo jako elastomerové s ocelovými výztužnými plechy tl. 3mm.
Ložisko musí splňovat požadavky dle normy ČSN EN 1337-3: Elastomerová ložiska

Síly na ložisko:

$$F_{Z,Ed,min} = 11,41 \text{ kN}$$

$$F_{Z,Ed,max} = 83,31 \text{ kN}$$

$$F_{X,Ed,max} = 20,62 \text{ kN}$$

$$u_{y,max} = 8 \text{ mm}$$

$$u_{x,max} = 1 \text{ mm}$$

Návrh ložiska:

Navrženo je ložisko Typ B - 100 x 200 mm

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$\text{výška} = 41 \text{ mm}$$

$$n = 3$$

... počet výztužných desek

$$w = 29 \text{ mm}$$

... přípustný posun

$$\alpha = 40 \text{ mrad}$$

... přípustné natočení

$$F_{max} = 132,00 \text{ kN}$$

$$\sigma_{min} = 0,86 \text{ MPa}$$

6_Posouzení na mezní stav použitelnosti(SLS)

Posouzení dřevěných prvků je provedeno dle ČSN EN 1995-1-1 "Eurokód 5 - Navrhování dřevěných konstrukcí".

A posouzení ocelových prvků je dle ČSN EN 1993-1-1 "Eurokód 3 - Navrhování ocelových konstrukcí"

6_1 Příčníky_ČSN EN 1993-1-1

Max. deformace u_z je stanovena z charakteristické kombinace

$$L = 2200 \text{ mm}$$

$$u_z = 4,4 \text{ mm}$$

$$u_z = 1/500 L$$

<

$$u_{z,lim} =$$

$$1/300 L$$

VYHOVÍ

6_2 Hlavní nosník_ČSN EN 1995-1-1

Okamžitá deformace je stanovena z charakteristické kombinace. Dotvarování závisí na součiniteli deformace k_{def}

Obecně lze průhyb vypočítat podle vzathu (dle ČSN EN 1995-1-1):

$$u_{net,fin} = u_{inst} + u_{creep} - u_c = u_{fin} - u_c$$

u_c ... nadvýšení

u_{inst} ... okamžitý průhyb

u_{creep} ... průhyb od dotvarování

u_{fin} ... konečný průhyb

$u_{net,fin}$... čistý konečný průhyb

$$L = 16800 \text{ mm}$$

$$u_{inst,G} = 3,9 \text{ mm}$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G}(1+k_{def}) = 11,7 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q1} = 17,5 \text{ mm}$$

$$u_{fin,Q1} = u_{inst,Q1}(1+\psi_2 k_{def}) = 35,0 \text{ mm}$$

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_2 k_{def}) \dots \text{není rozhodující}$$

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q} = 46,7 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = 1/360 L < u_{z,lim} = 1/300 L \quad \text{VYHOVÍ}$$

$$k_{def} = 2$$

7_Statický výpočet hlubinného založení

Obsahem statického výpočtu je návrh pilot pro novostavbu dřevěné lávky v Moravské Třebové. Pro založení byly navrženy vrtané železobetonové piloty průměrů 400mm.

7_1 Úvod

Pro vypracování PD byly použity následující podklady:

1. IG vrty v blízkosti budoucí lávky v Moravské Třebové
2. Dokumentace statiky (půdorys základů, statický výpočet, TZ)

7_2 Popis výpočtových modelů konstrukcí

VRTANÉ PILOTY

Rozmístění pilot a působící zatížení vychází z provozních hodnot reakcí od horní stavby. Výpočet předpokládá provedení vrtaných železobetonových pilot průměrů 400 mm. Průměry a délky pilot jsou uvedeny na výkrese u každé piloty včetně typu armokoše a výškové úrovně hlavy piloty. Svislá deformace pilot obecně nepřekračuje hodnotu 5,3 mm. Vyztužení pilot je navrženo konstrukčně 6R14, délka armokošů je 3,0 m.

V této příloze je uveden výstup výpočtu typických pilot. Řazení jednotlivých pilot je provedeno dle IG sondy, průměru a délky pilot.

7_3 Použité materiály

Beton pilot C30/37 XC2 – S4

Betonářská

výztuž 10 505 (R), 10 216 (E)

Základní použitá literatura, software:

- ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy
- ČSN EN 1536 Provádění speciálních geotechnických prací-Vrtané piloty
- ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí
- Masopust, J.: Vrtané piloty

7_4 Výpočet únosnosti zeminy dle EN7 / ČSN

Charakteristika zeminy:

č. vrstvy	počátek vrstvy	konec vrstvy	popis vrstvy	soudržná/neso udr.	hodnota lc, ld, R	průměr piloty - di	a
[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[m]	[-]
1	0	4,5	Y Navážka	lc	0,2	0,4	19
2	4,5	5	F5 Hlína s nízkou a střední pl.	ld	0,5	0,4	62
3	5	0	-	R	0	0,4	0
4	0	0	-	R	0	0,4	0
5	0	0	-	lc	0	0,4	0
6	0	0	-	lc	0	0,4	0

č. vrstvy	b	e	f
[-]	[-]	[-]	[-]
1	8,3	79	60,1
2	16	268	175
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0

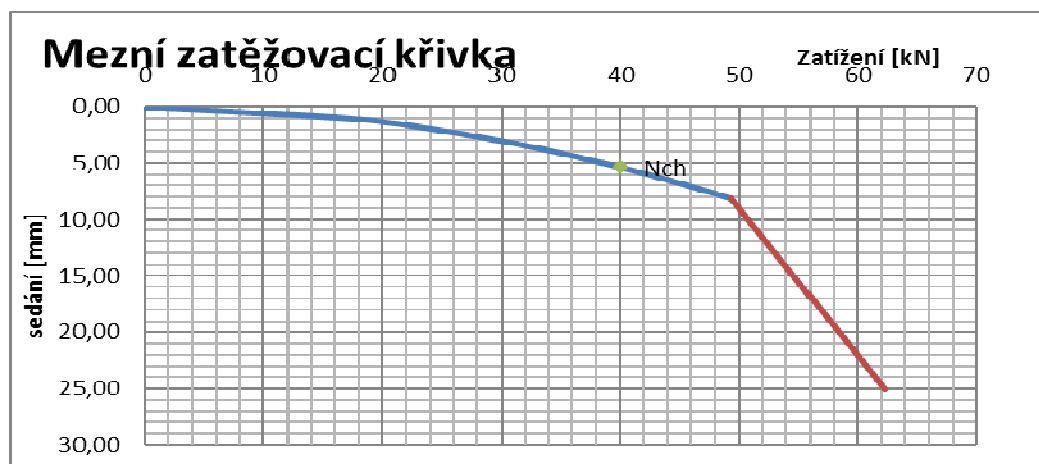
Zatížení - sedání piloty (char. hodnoty):

svíslá síla Nch 40 kN
Beton C30/37

MEZNÍ ZATĚŽOVACÍ KŘIVKA - 2.MS

zemina v patě piloty	Y Navážka
e	79,096
f	60,088
napětí na patě	71,08 kPa
průměrné plášťové tření	16,34 kPa
koeficient druhu zatížení	m1 0,7
koeficient ochrany dřívku	m2 1
koeficient přenosu paty	β 0,13
průměrný průměr piloty	df 0,4
výp. mezní síla na plášti	Rsu 43,11
zatížení na plné mob. plášti	Ry 49,36

mezní zatížení piloty při s25	Rbu	62,33
	l/d	7,5
příčinkový koeficient	l1	0,18
modul pružnosti betonu	Eb	34,5 GPa
prům. sečnový modul	Es	2,67 MPa
poměr tuhostí	K	12937,5
korekční koeficient	Rk	1
příčinkový koeficient	l	0,18
sedání při plném pl. tř.	sy	8,13 mm
Únosnost piloty	Ru	49,36 kN
zatížení piloty	Nch	40 kN
<u>sedání piloty</u>	<u>sz</u>	<u>5,34 mm</u>



síla při sedání 10mm	Q10	50,8 kN
síla při sedání 15mm	Q15	54,64 kN

VODOROVNÁ DEFORMACE, OHYBOVÝ MOMENT

Zatížení - moment, vodorovná deformace

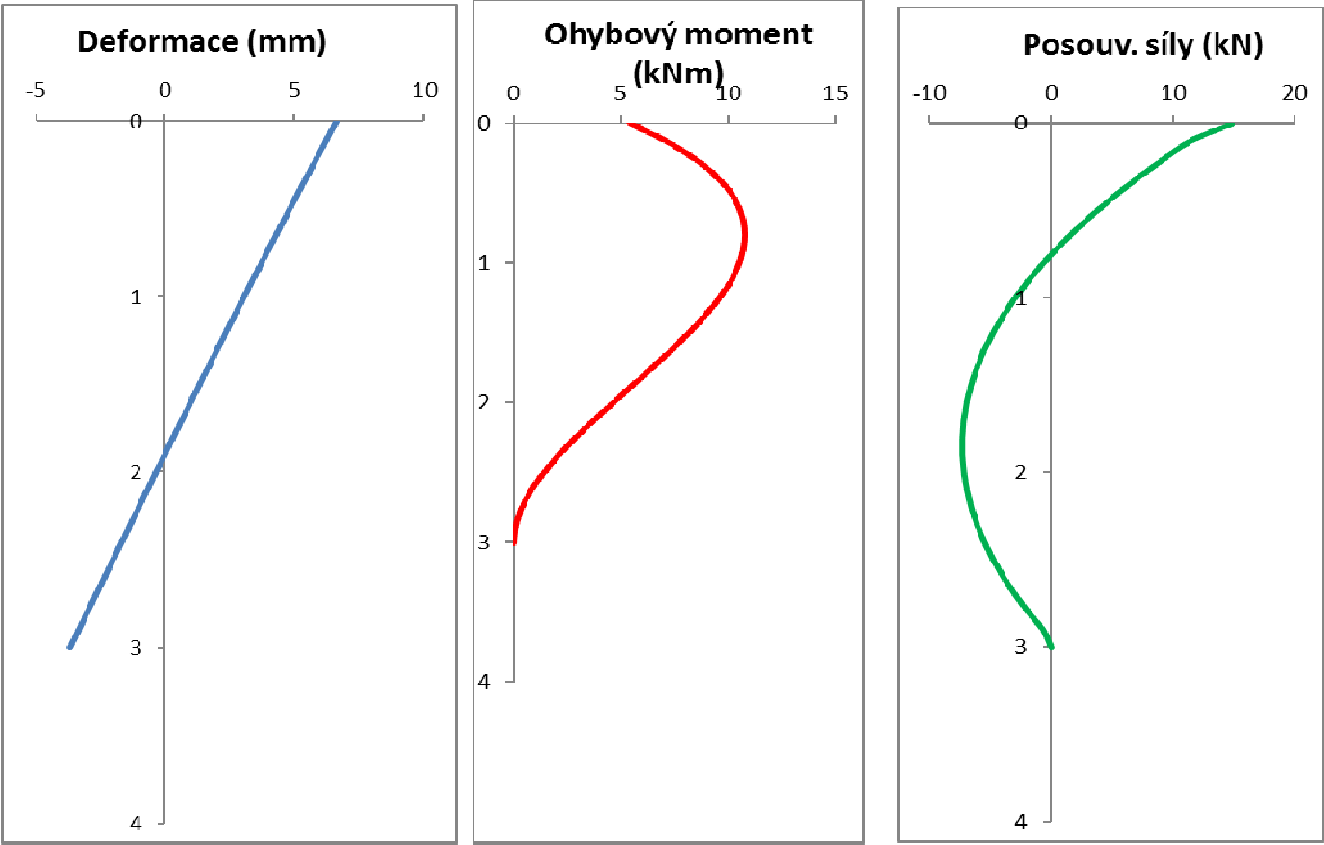
zatížení char

svislá síla N 40 kN

ohyb.moment M 4 kNm
vodorovná s. H 11 kN

č. vrstvy	počátek vrstvy	konec vrstvy	popis vrstvy	Edef	soudržná / nesoudržná	nh
[-]	[m]	[m]	[-]	[MPa]	[-]	[kPa]
1	0	4,5	Y Navážka	4	s	-
2	4,5	5	F5 Hlína s nízkou a střední pl.	4	n	4,5
3	5	0	-	20	s	-
4	0	0	-	40	s	-
5	0	0	-	8	s	-
6	0	0	-	8	s	-

Max. deformace ux 6,596366 mm
Max moment Mdmax 11 kNm
v hloubce hMmax 0,8 m



8_Ověření dynamiky

Ověření dynamického chování lávky bylo provedeno v programu RFEM. Vypočtené vlastní frekvence svislého a vodorovného kmitání nejsou v rozmezí pro možný vznik rezonance od dopravy a větru.

1. vlastní frekvence svislého kmitání	10,58 Hz	> 5 Hz	... není nutná dynamická analýza
2. vlastní frekvence svislého kmitání	11,02 Hz	> 5 Hz	... není nutná dynamická analýza
1. vlastní frekvence vodorovného kmitání	5,82 Hz	> 3Hz	... není nutná dynamická analýza
2. vlastní frekvence vodorovného kmitání	13,58 Hz	> 3Hz	... není nutná dynamická analýza

9_Přílohy

- Výpočet opěry
- Průběhy sil z výpočtového programu